

## Analisis Perancangan Sistem Kontrol Motor DC Berbasis Arduino Menggunakan Potensiometer Dengan Tinkercad

Teja Sulaksana<sup>1</sup>, Rinaldo Ainurizki<sup>2</sup>, Rusdiyansyah<sup>3</sup>, Mardiansyah<sup>4</sup>, Ade Sumaedi<sup>5</sup>  
<sup>1,2,3,4</sup>Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang  
Email: \*[tjsulaksana@gmail.com](mailto:tjsulaksana@gmail.com), [rnldoainurizki@gmail.com](mailto:rnldoainurizki@gmail.com),  
[rusdiyansyah18@gmail.com](mailto:rusdiyansyah18@gmail.com), [dosen10094@unpam.ac.id](mailto:dosen10094@unpam.ac.id), [dosen10093@unpam.ac.id](mailto:dosen10093@unpam.ac.id)

(Naskah masuk: 25 Juni 2024, diterima untuk diterbitkan: 31 Januari 2025)

**Abstrak:** Motor DC dengan eksitasi terpisah (SEDCM) merupakan pilihan utama dalam berbagai aplikasi industri karena karakteristik listrik dan mekaniknya yang baik, meskipun memiliki tantangan berupa ketidakpastian model dan dinamika non-linear. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menganalisis sistem kontrol motor DC berbasis Arduino menggunakan potensiometer sebagai pengendali kecepatan dengan simulasi melalui platform Tinkercad. Proses perancangan dimulai dari pengembangan skema rangkaian, pemrograman Arduino, hingga pengujian simulasi dalam berbagai skenario, termasuk arah putaran dan pengaturan kecepatan motor. Hasil simulasi menunjukkan bahwa sistem kontrol yang dirancang mampu mengatur kecepatan motor secara akurat melalui potensiometer, sementara push-button berhasil mengontrol arah gerak motor. Indikator LED dan LCD memberikan informasi visual yang jelas terkait status motor. Pendekatan ini memberikan solusi yang efisien dan dapat diterapkan dalam berbagai aplikasi praktis, baik di lingkungan industri maupun masyarakat, meskipun masih memerlukan pengembangan lebih lanjut untuk meningkatkan keandalan dan fleksibilitas sistem.

**Kata Kunci** – motor DC, arduino, potensiometer

---

**Abstract:** A Separately Excited DC Motor (SEDCM) is a preferred choice in various industrial applications due to its excellent electrical and mechanical characteristics, despite challenges such as model uncertainty and non-linear dynamics. This study aims to design and analyze a DC motor control system based on Arduino, utilizing a potentiometer for speed control and simulation via the Tinkercad platform. The design process encompasses circuit schematic development, Arduino programming, and simulation testing under various scenarios, including motor rotation direction and speed control. Simulation results demonstrate that the designed control system accurately regulates motor speed using a potentiometer, while a push button successfully manages the motor's direction. LED indicators and an LCD provide clear visual information regarding the motor's status. This approach offers an efficient solution applicable to various practical scenarios, both in industrial and community settings, although further development is needed to enhance the system's reliability and flexibility.

**Keywords** – DC motor, Arduino, potentiometer

---

### 1. PENDAHULUAN

Motor DC merupakan pilihan umum untuk berbagai aplikasi industri yang membutuhkan kontrol servo [1]. Salah satu tujuan kontrol yang sering diupayakan pada mesin ini adalah mengatur kecepatan secara akurat meskipun terjadi perubahan parameter (ketidakpastian model), dinamika yang tidak diketahui, dan gangguan eksternal [2]. Motor arus searah dengan eksitasi terpisah (SEDCM) merujuk pada jenis mesin DC di mana rangkaian armatur dan medan magnetnya diberi suplai dari sumber tegangan independen

[3]. Pengendalian kecepatan berbasis armatur pada motor DC telah banyak didokumentasikan dalam literatur [4]. Ketidakpastian model menjadi faktor yang signifikan pada mesin ini karena sulitnya menggambarkan sistem non-linear yang kompleks secara akurat [5].

Motor DC memiliki karakteristik listrik dan mekanik yang baik, namun motor DC bukanlah mesin yang ideal dan memiliki beberapa kekurangan, seperti percikan pada sikat dengan komutator, memerlukan perawatan lebih, ukuran besar, dan biaya tinggi [6]. Motor DC digunakan dalam berbagai aplikasi industri, seperti mobil listrik, robot, traksi listrik, dan industri medis [7]. Berbagai pengontrol telah disarankan dalam, untuk mengontrol motor DC [8].

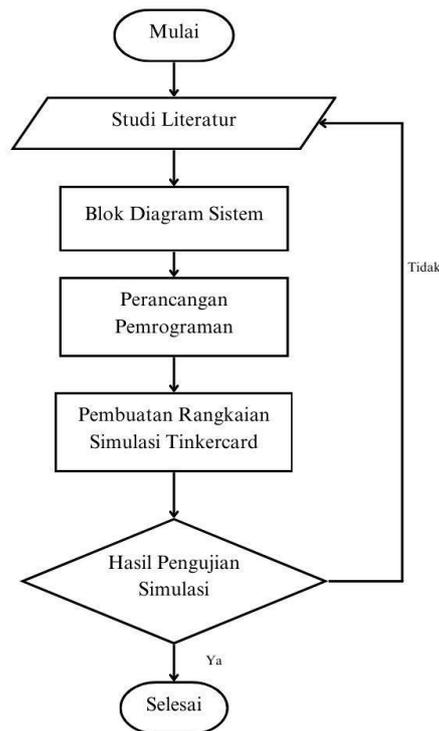
Ada jenis eksitasi seri dan shunt untuk motor DC, yang memiliki aplikasi berbeda sesuai kebutuhan torsi dan kecepatan, seperti pada pengkondisian kendaraan [9], pompa air [10], katup throttle elektronik [11], kontrol servo [12], dan robotika [13]. Skema kontrol dasar motor DC adalah mengatur kecepatan melalui saklar keras dari regulator tegangan linier dan tegangan armatur [14]. Namun, skema kontrol ini dapat menyebabkan konsumsi energi yang tinggi serta respons dinamis arus dan tegangan motor yang kurang baik [15].

Pada perkembangan teknologi otomasi, sistem kontrol motor DC menjadi komponen penting dalam berbagai aplikasi, mulai dari robotik hingga kendaraan listrik. Salah satu cara untuk mengontrol motor DC adalah dengan menggunakan Arduino sebagai mikrocontroller yang dapat diprogram untuk mengatur kecepatan dan arah putaran motor. Penggunaan potensiometer sebagai perangkat input untuk mengubah nilai resistansi memberikan cara yang efisien dan mudah dalam mengontrol sinyal yang diteruskan ke motor. Dengan memanfaatkan potensiometer, pengguna dapat menyesuaikan kecepatan motor secara manual berdasarkan nilai yang terbaca, memberikan fleksibilitas dalam pengaturan sistem.

Tinkercad, sebagai platform simulasi elektronik berbasis cloud, menawarkan kemudahan bagi para pengembang untuk merancang dan menguji sistem kontrol secara virtual sebelum implementasi fisik. Dalam penelitian ini, akan dianalisis bagaimana perancangan sistem kontrol motor DC menggunakan Arduino dengan potensiometer sebagai pengatur input sinyal dapat dilakukan melalui Tinkercad. Pendekatan ini memungkinkan simulasi yang lebih cepat dan meminimalkan kesalahan dalam perancangan sebelum sistem diimplementasikan pada perangkat keras sesungguhnya. Analisis ini bertujuan untuk memberikan pemahaman lebih dalam mengenai efisiensi dan keakuratan sistem kontrol motor DC berbasis Arduino yang dapat diaplikasikan dalam berbagai aplikasi praktis.

## 2. METODE PENELITIAN

Metode Penelitian yang digunakan oleh penulis berawal dari simulasi terhadap alat yang akan dibuat dan kemudian berlanjut kedalam tahap eksperimen berupa pembuatan alat. Simulasi akan dibuat menggunakan software Thinkercad, lalu dilakukan analisa terhadap hasil pengujian simulasi. Berikut merupakan langkah-langkah utama dalam metode penelitian ini.



Gambar 1. Alur Penelitian

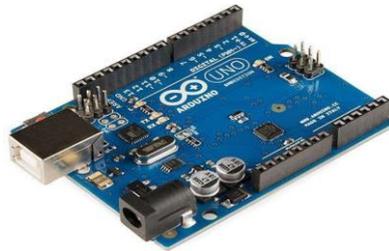
Metodologi penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menganalisis perancangan sistem kontrol motor DC berbasis Arduino yang menggunakan potensiometer sebagai pengendali kecepatan. Penelitian dimulai dengan tahap desain sistem, di mana skema rangkaian kontrol motor DC dibuat menggunakan perangkat lunak Tinkercad untuk memvisualisasikan dan menguji sistem secara virtual. Arduino digunakan sebagai pengontrol utama, sementara potensiometer berfungsi sebagai input untuk mengatur besaran tegangan yang diterima motor, sehingga mempengaruhi kecepatan putaran motor. Selanjutnya, dilakukan pemrograman pada Arduino untuk menghubungkan pembacaan nilai potensiometer dengan pengaturan kecepatan motor. Setelah sistem selesai dirancang dan diprogram, pengujian dilakukan dengan memvariasikan nilai potensiometer dan mengamati respons kecepatan motor. Data yang diperoleh dari percobaan tersebut kemudian dianalisis untuk mengevaluasi kinerja sistem kontrol motor DC dalam berbagai kondisi operasional.

## 2.1. Software dan Hardware

### 2.1.1 Arduino UNO

Arduino Uno merupakan papan pengendali mikro berbasis mikrokontroler Microchip ATmega328P yang dikembangkan oleh Arduino.cc, pertama kali diperkenalkan pada 2010. Papan ini menawarkan berbagai pin masukan/keluaran (I/O) digital dan analog yang memungkinkan koneksi dengan berbagai kartu ekspansi (shield) serta sirkuit lainnya. Terdapat 14 pin I/O digital pada Arduino Uno, enam di antaranya mendukung keluaran modulasi lebar pulsa (PWM), serta enam pin I/O analog. Papan ini dapat diprogram menggunakan Arduino IDE melalui koneksi USB tipe B dan bisa diberi daya melalui kabel

USB atau menggunakan baterai eksternal 9 volt, meskipun dapat menerima tegangan antara 7 hingga 20 volt.



Gambar 2. Arduino UNO

### 2.1.2 Motor DC

Motor DC adalah jenis motor listrik yang beroperasi menggunakan arus searah (DC) untuk menghasilkan gerakan mekanik. Tipe yang paling umum bekerja dengan memanfaatkan gaya magnet yang timbul dari arus dalam kumparan. Sebagian besar motor DC dilengkapi dengan sistem internal, baik yang berbasis elektromagnetik maupun elektronik, yang berfungsi untuk mengubah arah arus secara periodik pada bagian-bagian motor. Motor DC merupakan jenis motor pertama yang secara luas digunakan karena dapat diberdayakan oleh sistem distribusi arus searah yang tersedia di jaringan pencahayaan. Kecepatan motor ini dapat diatur dengan rentang yang cukup luas, baik melalui pengaturan tegangan suplai atau dengan menyesuaikan intensitas arus pada belitan medan magnetnya.



Gambar 3. Motor DC

### 2.1.3 Push-button

Push-button merupakan sebuah perangkat yang diaktifkan dengan cara ditekan, yang berfungsi untuk menghubungkan, memutuskan, atau mengendalikan berbagai mesin, perangkat elektronik, dan alat seperti komputer. Tombol ini biasanya memiliki kontak yang serupa dan tidak dapat dibedakan. Di dalam tombol, terdapat pegas yang berfungsi untuk mengembalikan tombol ke posisi semula ketika tekanan eksternal dihentikan. Dalam bidang teknik kelistrikan, tombol tekan dibedakan menjadi dua jenis, yaitu tombol tekan normal-terbuka (*Normally Open*) dan tombol tekan normal-tertutup (*Normally Close*).



Gambar 4. Push-button

#### 2.1.4 Potensiometer

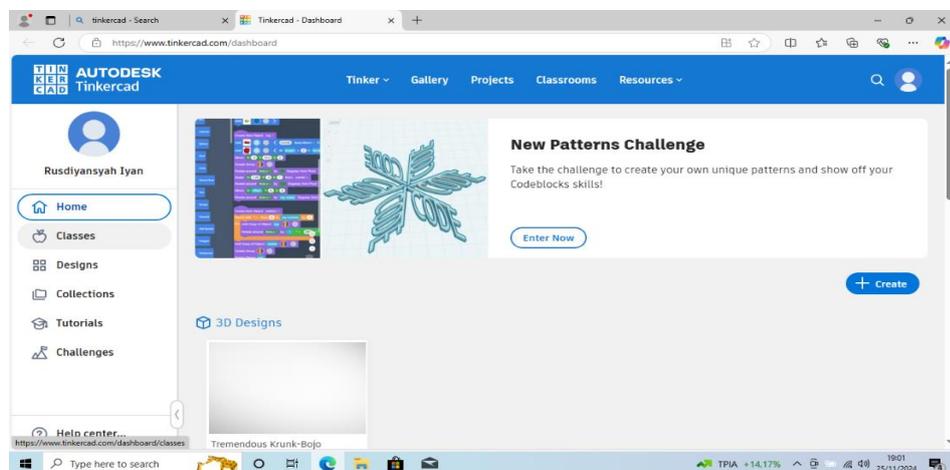
Potensiometer merupakan resistor dengan tiga terminal yang dilengkapi sambungan geser yang memungkinkan pengaturan pembagi tegangan. Ketika hanya dua terminal yang digunakan, yaitu satu terminal tetap dan terminal geser, potensiometer berfungsi sebagai resistor yang dapat diubah nilainya atau dikenal sebagai Rheostat. Alat ini sering digunakan untuk mengatur perangkat elektronik, seperti kontrol volume pada amplifier.



Gambar 5. Potensiometer

#### 2.1.5 Tinkercad

Tinkercad adalah platform desain 3D berbasis web yang dikembangkan oleh Autodesk. Tinkercad memungkinkan pengguna untuk membuat model 3D secara mudah, serta memiliki berbagai fitur lain yang berguna untuk desain elektronik dan pemrograman mikrokontroler, seperti Arduino. Tinkercad sangat populer di kalangan pemula maupun profesional, karena antarmukanya yang ramah pengguna dan fungsionalitasnya yang luas. Tinkercad memiliki fitur simulasi yang memungkinkan pengguna untuk memprogram dan menguji kode untuk mikrokontroler Arduino.

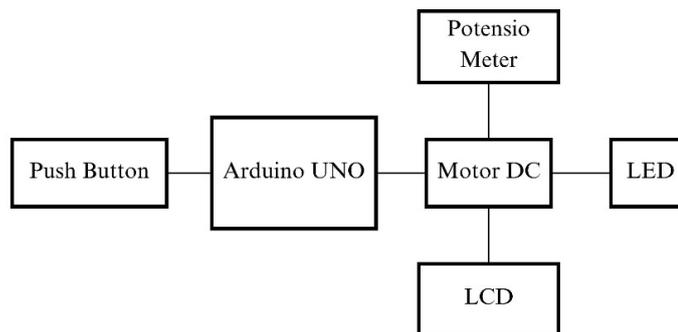


Gambar 6. Tampilan Awal Tinkercad

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Blok Diagram Sistem

Pada blok diagram sistem kontrol Motor DC penulis menggunakan Push Button sebagai input yang akan memberikan sinyal perintah kepada Arduino UNO, lalu kemudian Arduino UNO akan memproses sinyal dan mengirimkan sinyal ke Motor DC untuk menggerakkan motor tersebut. Setelah Motor DC bergerak sesuai perintah yang diberikan oleh Push Button maka Potensiometer dapat mengatur kecepatan pada pergerakan Motor DC, dan LED dapat menyala sebagai indikator bahwa Motor DC telah bergerak sesuai perintah, selain itu juga terdapat LCD yang akan menampilkan posisi pergerakan dan kecepatan.



Gambar 7. Blok Diagram Sistem

#### 3.2 Perancangan Pemrograman/Codingan

Berikut ini adalah pemrograman yang digunakan dalam Sistem Kontrol Motor DC di software Tinkercad.

```
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(12, 11, 13, 10, 9, 8); // LCD pins

const int POT = A0; // Potensiometer untuk kontrol kecepatan motor
int Speed; // Nilai potensiometer
int speedValue; // Nilai kecepatan motor (0 - 255)
int speedPercent; // Kecepatan dalam persentase

bool direzione1 = LOW, direzione2 = HIGH; // Arah motor
bool Avanti, Pre = HIGH; // Tombol maju
bool Indietro, Prec = HIGH; // Tombol mundur
bool Spegni, Mento = HIGH; // Tombol ON/OFF
bool Avviamento = false; // Status motor ON/OFF

const int ledPin = 3; // Pin untuk LED indikator ON/OFF motor
const int ledMaju = 4; // Pin untuk LED indikator Maju
const int ledMundur = 5; // Pin untuk LED indikator Mundur

void setup() {
  lcd.begin(16, 2); // Inisialisasi LCD
```

```
pinMode(0, OUTPUT);
pinMode(1, OUTPUT);

pinMode(4, OUTPUT); // Kontrol Motor pin 1
pinMode(7, OUTPUT); // Kontrol Motor pin 2
pinMode(3, OUTPUT); // PWM pin untuk kontrol kecepatan

pinMode(2, INPUT_PULLUP); // Tombol Avanti
pinMode(5, INPUT_PULLUP); // Tombol Spegnimento (matikan motor)
pinMode(6, INPUT_PULLUP); // Tombol Indietro

pinMode(ledPin, OUTPUT); // Inisialisasi pin LED ON/OFF sebagai OUTPUT
pinMode(ledMaju, OUTPUT); // Inisialisasi pin LED Maju sebagai OUTPUT
pinMode(ledMundur, OUTPUT); // Inisialisasi pin LED Mundur sebagai OUTPUT
}

void loop() {
  // Menampilkan status motor pada LCD
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Kecepatan: ");

  // Baca nilai dari potensiometer untuk mengatur kecepatan motor
  Speed = analogRead(POT); // Baca nilai potensiometer (0 - 1023)

  // Map nilai potensiometer ke range PWM (0 - 255)
  speedValue = map(Speed, 0, 1023, 0, 255); // Pastikan pemetaan benar

  // Menghitung persentase kecepatan motor
  speedPercent = map(speedValue, 0, 255, 0, 100); // Pemetaan ke 0-100%

  // Tampilkan kecepatan dalam bentuk persentase
  lcd.setCursor(11, 0);
  lcd.print(" "); // Hapus teks lama
  lcd.setCursor(11, 0);
  lcd.print(speedPercent); // Tampilkan persentase kecepatan baru
  lcd.print("%"); // Menambahkan simbol %

  // Cek tombol Avanti (Maju)
  Avanti = digitalRead(2);
  if (Avanti == LOW && Pre == HIGH) {
    direzione1 = LOW;
    direzione2 = HIGH;
    digitalWrite(0, HIGH);
    digitalWrite(1, LOW);
    // Nyalakan LED Maju
    digitalWrite(ledMaju, HIGH);
    digitalWrite(ledMundur, LOW); // Matikan LED Mundur
  }
  Pre = Avanti;

  // Cek tombol Indietro (Mundur)
  Indietro = digitalRead(6);
```

```
if (Indietro == LOW && Prec == HIGH) {
  direzione1 = HIGH;
  direzione2 = LOW;
  digitalWrite(1, HIGH);
  digitalWrite(0, LOW);
  // Nyalakan LED Mundur
  digitalWrite(ledMundur, HIGH);
  digitalWrite(ledMaju, LOW); // Matikan LED Maju
}
Prec = Indietro;

// Cek tombol Spegningto (matikan motor)
Spegni = digitalRead(5);
if (Spegni == LOW && Mento == HIGH) {
  Avviamento = !Avviamento; // Toggle ON/OFF motor
}
Mento = Spegni;

// Kontrol motor ON atau OFF
if (Avviamento == HIGH && speedValue > 0) {
  // Jika motor dalam keadaan ON dan kecepatan lebih dari 0
  analogWrite(3, speedValue); // PWM kecepatan motor
  digitalWrite(4, direzione1); // Motor berjalan ke arah tertentu
  digitalWrite(7, direzione2); // Motor berjalan ke arah tertentu

  // Nyalakan LED indikator saat motor ON
  digitalWrite(ledPin, HIGH); // LED ON

  // Menampilkan status motor pada LCD
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("Motor: ON ");

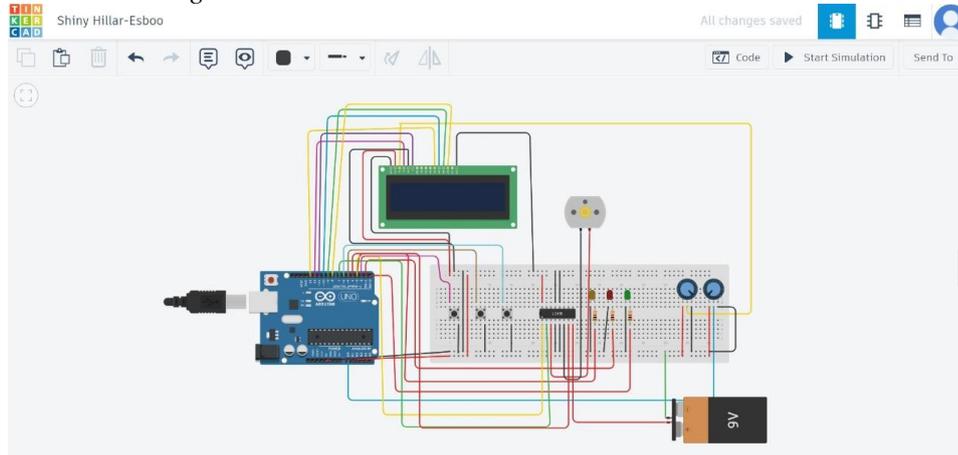
  // Menampilkan arah motor (Maju atau Mundur)
  if (direzione1 == LOW && direzione2 == HIGH) {
    lcd.setCursor(7, 1);
    lcd.print("Maju ");
  } else if (direzione1 == HIGH && direzione2 == LOW) {
    lcd.setCursor(7, 1);
    lcd.print("Mundur ");
  }
} else {
  // Jika motor dalam keadaan OFF atau kecepatan 0
  analogWrite(3, 0); // Matikan motor jika OFF (PWM = 0)

  // Matikan LED indikator saat motor OFF
  digitalWrite(ledPin, LOW); // LED OFF
  digitalWrite(ledMaju, LOW); // LED Maju OFF
  digitalWrite(ledMundur, LOW); // LED Mundur OFF

  // Menampilkan status motor pada LCD
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("Motor: OFF");
  lcd.setCursor(7, 1);
```

```
lcd.print("    "); // Hapus arah motor  
}  
  
delay(200); // Delay untuk stabilitas tampilan LCD  
}
```

### 3.3 Pembuatan Rangkaian Simulasi di Tinkercad



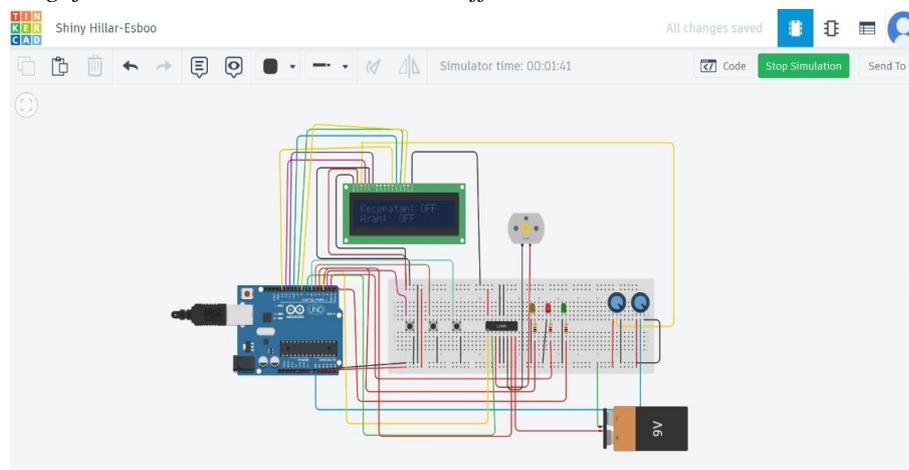
Gambar 8. Rangkaian Simulasi di Tinkercad

Pada gambar 8 merupakan rangkaian simulasi pada Sistem Kontrol Motor DC yang telah dibuat menggunakan software Tinkercad, kemudian nantinya akan dilakukan analisis terhadap hasil pengujian simulasi tersebut.

### 3.4 Hasil Pengujian Simulasi

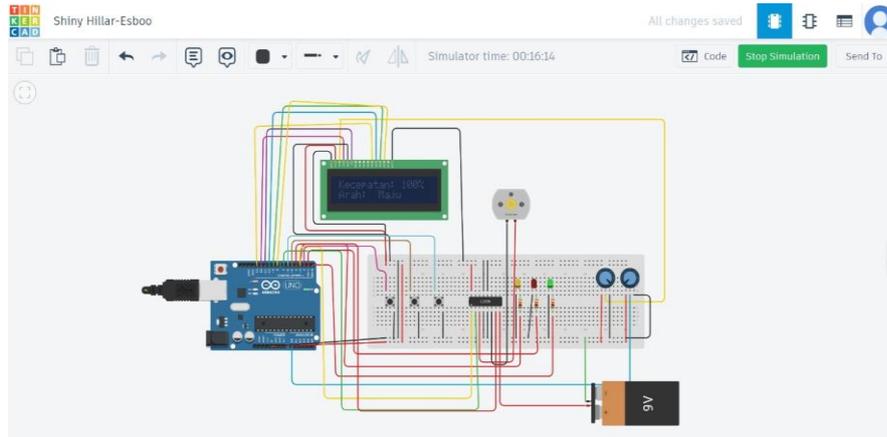
Dalam pengujian simulasi pada jurnal ini terdapat beberapa tahapan proses pengujian di antaranya yaitu pengujian ketika push-button ditekan *Off*, kemudian pengujian ketika push-button ditekan *Maju*, dan pengujian ketika push-button ditekan *Mundur*. Selanjutnya pengujian yang terakhir dilakukan pengujian terhadap kecepatan Motor DC menggunakan Potensiometer.

#### 3.4.1 Pengujian ketika Push-button ditekan *Off*



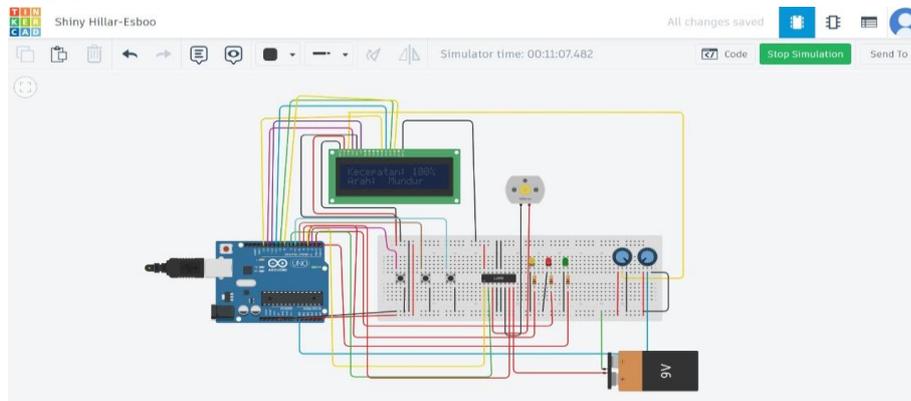
Gambar 9. Pengujian ketika Push-button ditekan *Off*

### 3.4.2 Pengujian ketika Push-button ditekan Maju



Gambar 10. Pengujian ketika Push-button ditekan *Maju*

### 3.4.3 Pengujian ketika Push-button ditekan Mundur



Gambar 11. Pengujian ketika Push-button ditekan *Mundur*

### 3.4.4 Pengujian kecepatan Motor DC menggunakan Potensiometer

Setelah pengujian ketiga Push-button pada rangkaian simulasi Sistem Kontrol Motor DC berhasil, maka pengujian selanjutnya yaitu pengujian pada kecepatan Motor DC yang bisa diatur menggunakan Potensiometer. Berikut ini adalah tabel pengujian kecepatan Motor DC menggunakan Potensiometer:

Tabel 1. Pengujian kecepatan Motor DC menggunakan Potensiometer

Keadaan Push-button	Posisi Potensiometer	Kecepatan Motor DC	Hasil
Off	Putaran Awal	0 %	✓
Off	Setengah Putaran	0 %	✓
Off	Putaran Penuh	0 %	✓
Maju	Putaran Awal	0 %	✓
Maju	Setengah Putaran	50 %	✓
Maju	Putaran Penuh	100 %	✓
Mundur	Putaran Awal	0 %	✓

Mundur	Setengah Putaran	50 %	✓
Mundur	Putaran Penuh	100 %	✓

Dari tabel hasil pengujian diatas dapat disimpulkan bahwa pada keadaan Push-button *Off* dengan posisi Potensiometer berada di putaran awal, setengah putaran, dan putaran penuh menunjukkan kecepatan 0 % pada Motor DC yang artinya motor tidak bergerak sama sekali. Sedangkan jika keadaan Push-button *Maju* ataupun *Mundur*, maka kecepatan motor dapat berubah-ubah sesuai dengan posisi Potensiometer yang dapat mengontrol kecepatannya.

#### 4. KESIMPULAN

Simulasi rangkaian Sistem Kontrol Motor DC berbasis Arduino menggunakan Potensiometer dengan Tinkercad telah berjalan dengan baik, Push-button sebagai input dapat menginstruksi arah pergerakan motor. Dan juga output Motor DC dapat bergerak sesuai dengan arahan yang diberikan oleh Push-button, serta Potensiometer dapat mengatur kecepatan pada Motor DC sesuai posisi putaran yang di inginkan. Selain itu LED dan LCD juga dapat menampilkan posisi pergerakan dan kecepatan motor.

Akan tetapi penulis juga menyadari bahwa jurnal ini masih terdapat banyak sekali kekurangan baik secara teori ataupun penulisan. Untuk pengembangan selanjutnya penulis berharap agar rangkaian Sistem Kontrol Motor DC ini dapat diterapkan sesuai dengan kebermanfaatannya khususnya di lingkungan masyarakat maupun di lingkungan industri.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan Terima kasih yang sebesar-besarnya ditujukan kepada dosen pembimbing Mardiansyah S.T.,M.Kom. yang telah membimbing penulis dalam penyusunan jurnal ini dari awal sampai akhir sehingga penulis dapat menyusun jurnal ini, dan juga kepada orangtua dan keluarga serta kerabat yang selalu menyemangati penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan jurnal ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Okoro, "Feedback–feedforward compensation of a DC moto," *6th IEEE PES/IAS PowerAfrica Conference, IEEEExplore, Abuja, Nigeria*, p. 385–389, 2019.
- [2] C. E. I.S. Okoro, "Performance Assessment of a Model-based DC Motor Scheme," *Applications of Modelling and Simulation*, p. 145–153, 2019.
- [3] C. E. I.S. Okoro, "Model-based Speed Control of a DC Motor Using a Combined Control Scheme," *The 2019 IEEE PES/IAS Power Africa Conference,, IEEEExplore, Abuja, Nigeria*, p. 1–6, 2019.
- [4] S. P. P. S. S. Ritu, "Simulation of Optimal Speed Control for a DC Motor Using Conventional PID Controller and Fuzzy Logic Controller," *Int. J. Inf. Comput. Technol.*, p. 181–188, 2013.
- [5] I. S. & E. C. O. Okoro, "Robust Control of a DC Motor," *Heliyon*, p. e05777, 2020.

- [6] L. R. N. P. Salawria P, "Different Methods of Speed Control for Brushless DC Motor: a Review," *Int J Emerg Technol*, p. 25–9, 2017.
- [7] M. M. M. C. Maung MM, "DC Motor Angular Position Control Using PID Controller with Friction Compensation," *Int J Sci Res*, p. 8321, 2018.
- [8] T. H. A. M. A. M. & H. A. M. Mohamed, "Adaptive Position Control of a Cart Moved by a DC Motor Using Integral Controller Tuned by Jaya Optimization with Balloon Effect," *Computers & Electrical Engineering*, p. 106786, 2020.
- [9] M. D. B. C. R. F. Pino FJ, "Car Air-conditioning Considerations on Hydrogen Consumption in Fuel Cell and Driving Limitations," *Int J Hydrogen Energy*, p. 11696e703, 2015.
- [10] J. Z. Z. J. L. J. O. M. [10] Gao D dan 41(2):, "Development and Performance Analysis of a Hybrid Fuel Cell/battery Bus with an Axle Integrated Electric Motor Drive System," *Int J Hydrogen Energy*, p. 1161e9, 2016.
- [11] B. C. S. G. L. R. C. E. M. P. Ayad SM, "Analysis of Performance Parameters of an Ethanol Fueled Spark Ignition Engine Operating with Hydrogen Enrichment," *Int J Hydrogen Energy*, 2019.
- [12] C. K. L. C. H. W. L. W. L. W. A. Jiang C, "Wireless Servo Motor Drive with Bidirectional Motion Capability," *IEEE Trans Power Electron* 2019, p. 12001e10, 2019.
- [13] T. C., "Discrete-time Adaptive Controller for Unfixed and Unknown Control Direction," *IEEE Trans Ind Electron*, p. 5367e75., 2018.
- [14] A.-M. J. M.-M. M. H.-G. a. V. M.-A. M. Silva-Ortigoza R, "Flatness Based Control of a Buck-converter/DC-motor Combination," *Proc. IEEE CERMA*, p. p. 294e9, 2012.
- [15] X. Q. S. C. J. W. Y.-X. & H. H. Chi, "Proton Exchange Membrane Fuel Cell-powered Bidirectional DC Motor Control Based On Adaptive Sliding-mode Technique with Neural Network Estimation," *International Journal of Hydrogen Energy*, p. 45, 2020.